

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 622 361

(21) N° d'enregistrement national :

87 14801

(51) Int Cl⁴ : H 02 H 3/33; H 01 H 83/14.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A

(22) Date de dépôt : 23 octobre 1987.

(71) Demandeur(s) : SERD SA, Société d'Etude et de Réa-
sation de Disjoncteurs. — FR.

(30) Priorité :

(72) Inventeur(s) : Philippe Hugel.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 17 du 28 avril 1989.

(73) Titulaire(s) :

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

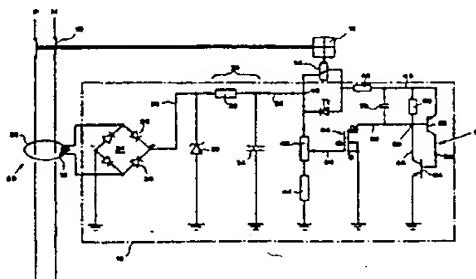
(74) Mandataire(s) : Dominique Wenger, Directeur Tech-
nique SERD SA.

(54) Interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut.

(57) Un interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut possède entre un transformateur de courant totalisateur 20 et l'enroulement d'excitation 14 d'un déclencheur, un circuit élec-
tronique de déclenchement 16 avec un circuit de pont redres-
seur 24. Aux bornes de sortie du circuit de pont redresseur 24
sont raccordés une diode Zener 30 et un circuit RC 36
comportant une résistance ohmique 32 et un condensateur de
charge 34. Sur la liaison entre la résistance ohmique 32 et le
condensateur de charge 34 est branché l'enroulement d'excita-
tion 14 du déclencheur, en série avec une vanne électronique
50 ainsi qu'avec un diviseur de tension 42, 44, dont la prise
médiane sert à contrôler un transistor MOS 64, lequel com-
mande de son côté la vanne électronique 50. Le transistor
MOS 64 est de préférence un élément IG-FET à canal N, en
technologie V-MOS.

L'interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut est
réalisable économiquement, fonctionne avec précision et per-
met de respecter sérieusement les limites de tolérance de la
temporisation de déclenchement.

2 622 369 - A1



L'invention concerne un interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut, avec transformateur de courant totalisateur et déclencheur dont la bobine d'excitation est branchée à l'enroulement secondaire du transformateur de courant 5 totalisateur, par l'intermédiaire d'un circuit électronique de déclenchement comprenant un pont redresseur à la sortie duquel est branché à travers un dispositif temporisateur, un condensateur de charge accumulant l'énergie nécessaire pour actionner le déclencheur, une vanne électronique réglable pour 10 la libération de cette énergie en direction de la bobine d'excitation du déclencheur, ainsi que des moyens de commande de la vanne électronique en fonction de la tension accumulée dans le condensateur de charge.

Les interrupteurs différentiels sélectifs à courant de 15 défaut ont en tant que réalisation spéciale la mission, basée sur la temporisation de déclenchement, dans des distributions à dérivations dans lesquelles aussi bien la conduite principale que les distributions secondaires y compris les composants d'installation qui s'y trouvent sont pris en compte dans le 20 montage de protection du courant de défaut, afin d'éviter la coupure de tous les appareils branchés sur la conduite principale dans le cas d'un défaut d'isolement en aval de la dérivation secondaire. A cet effet, les interrupteurs différentiels à courant de défaut doivent être, dans certains 25 pays, conformes à des prescriptions déterminées, comme par exemple en R.F.A. à la norme VDE 0664. Dans cette dernière, des valeurs limites supérieures et inférieures sont définies, qui en fonction de valeurs croissantes du courant de défaut, diminuent par rapport au courant de défaut nominal.

30 Dans une exécution connue d'interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut du type mentionné au début, (DE-PS 31 27 331) la charge du condensateur accumulateur s'effectue par l'intermédiaire d'un régulateur à courant constant, contenant un transistor à effet de champ à canal N, et la vanne électronique 35 est un contact à valeur de seuil sous forme d'un transistor unijonction (diode à double base), dont l'électrode de commande est reliée à une tension de référence engendrée par une diode Zener. Lorsque la tension sur le condensateur de charge a atteint la tension de référence, le transistor unijonction

devient conducteur et décharge le condensateur de charge à travers l'enroulement d'excitation du déclencheur, qui coupe les contacts principaux de l'interrupteur sélectif à courant de défaut de façon connue par l'intermédiaire de la serrure de 5 déclenchement.

L'interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut du type connu présente deux importants inconvénients :

- d'une part le mode de réglage de courant constant ne permet pas une adaptation suffisante aux conditions exigées par les prescriptions relatives à la temporisation du déclenchement en fonction de 10 l'intensité du courant de défaut.
- d'autre part, le point de réponse du transistor Unijonction est peu précis, de sorte qu'il y a une 15 notable dispersion des valeurs de temporisation du déclencheur.

L'objet de l'invention est par contre d'élaborer un interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut du type spécifié au début, qui permette de respecter avec précision les 20 limites de tolérances prescrites concernant la temporisation de déclenchement en fonction de l'intensité du courant de défaut.

Conformément à l'invention, le problème est résolu du fait que :

- le noyau du transformateur de courant totalisateur 25 consiste en un alliage de fer de haute perméabilité avec courbe d'hystérésis plate, conçu de telle sorte qu'en cas de courant de défaut nominal, il fonctionne juste au-dessous de la saturation,
- le dispositif de temporisation est une résistance ohmique qui forme avec le condensateur de charge un circuit RC, et
- les moyens de commande de la vanne électronique 30 consistent en un diviseur de tension ohmique et en un transistor MOS branché par sa broche "Gate" à la prise du diviseur de tension, et dont la broche "Source" est raccordée à la masse et la broche "Drain" à l'électrode de commande de la vanne électronique.

Lorsqu'un noyau de transformateur de courant totalisateur est aimanté par un courant de défaut alternatif sinusoïdal, une

tension est induite dans l'enroulement secondaire, qui pour une valeur croissante du courant de défaut, présente une pointe d'autant plus raide et étroite dans chaque demi-onde. Ceci se traduit sur le condensateur de charge alimenté à travers la résistance ohmique par une diminution du temps de charge en fonction de la valeur croissante du courant de défaut, ce qui correspond dans une large mesure aux valeurs prescrites pour la temporisation.

Comme la recharge du condensateur de charge s'effectue par suite des pointes de tension sous forme de gradins, et que le transistor à effet de champ réagit avec une grande précision à une valeur déterminée de tension entre les broches "Gate" et "Source", la caractéristique de déclenchement est respectée avec une faible dispersion.

Un avantage particulier de l'interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut conforme à l'invention réside dans le fait que le déclenchement s'effectue indépendamment de l'intensité du courant de défaut, constamment sous la même tension. De ce fait la caractéristique du déclencheur peut couvrir une vaste plage, étant donné qu'il se trouve excité selon le principe "tout ou rien".

Un autre avantage de l'interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut conforme à l'invention réside dans le fait que le montage de déclenchement ne nécessite aucune énergie extérieure, mais que ses composants sont alimentés directement par le transformateur de courant totalisateur.

Selon une caractéristique d'exécution avantageuse de l'invention, il est prévu que pour la limitation de la tension de sortie du circuit de pont redresseur, une diode Zener soit montée en parallèle avec le circuit RC. Grâce à cette diode, le montage électronique de déclenchement est non seulement protégé contre des surtensions, mais il résulte simultanément qu'à partir d'un courant de défaut déterminé, comme en particulier un courant quintuple du courant de défaut nominal selon la norme VDE 0664, pour lequel la diode Zener réagit, la temporisation ne décroît plus.

En outre, au moins une des résistances du diviseur de tension peut être prévue réglable, afin de pouvoir de cette manière ajuster avec précision le transistor à effet de champ.

Comme vanne électronique on pourra utiliser un thyristor, qui lors de l'excitation commute à l'état conducteur et qui libère immédiatement l'énergie totale du condensateur de charge en direction de l'enroulement d'excitation.

5 En variante, la vanne électronique peut consister également en un montage en cascade d'un transistor PNP et d'un transistor NPN, avec leurs bases et collecteurs reliés réciproquement, la broche "Drain" du transistor à effet de champ étant raccordée à la base du transistor PNP.

10 Comme transistor MOS, il est recommandé d'utiliser un élément IG-FET à canal N, en technologie V-MOS.

L'invention sera décrite dans ce qui suit à l'aide des dessins annexés, dont :

15 Fig. 1 représente la courbe B/H d'un matériau de noyau de transformateur de courant totalisateur pour l'interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut conforme à l'invention, matériau caractérisé par une grande perméabilité et une courbe d'hystérésis plate, avec indication du point de fonctionnement A pour le courant de défaut nominal I

20 Fig. 2 représente une courbe Tension/ Temps avec l'allure de la tension secondaire d'un tel transformateur de courant totalisateur, lors de l'apparition dans l'enroulement primaire d'un courant de défaut alternatif sinusoïdal,

25 Fig. 3 représente une courbe Tension/ Temps avec l'allure de la tension secondaire du transformateur de courant totalisateur sur, chaque fois, une demi-onde en cas de courants de défauts de 300 mA et 3 A dans l'enroulement primaire,

30 Fig. 4 est le schéma de montage de principe d'un circuit intégrateur composé d'un condensateur de charge et d'une résistance d'alimentation, avec indication des courbes de principe des tensions à l'entrée et à la sortie, lorsque le montage est soumis à une tension redressée selon les fig. 2 ou 3.

Fig. 5 est le schéma de montage du circuit électronique de déclenchement dans un interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut conforme à l'invention, et

5 Fig. 6 est une courbe Temps/ Courant avec le tracé des temps de déclenchement en fonction de l'intensité d'un courant de défaut alternatif, en cas de montage selon la fig. 5.

La fig. 1 représente sous forme de courbe B/H l'allure typique de l'induction magnétique B en fonction de l'intensité de champ H dans le cas d'un alliage de fer tel que celui utilisé dans l'interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut conforme à l'invention. Cet alliage se distingue par une grande perméabilité avec une courbe d'hystérésis plate. Un tel matériau 15 se trouve dans le commerce sous la dénomination "Satimphy" ou "Permimphy".

Les valeurs de crête BS et respectivement -BS se trouvent, pour des valeurs croissantes de l'intensité de champ, toujours plus loin dans la zone de saturation. Le point de 20 fonctionnement A se trouve dans le cas d'un courant de défaut nominal $I_{\Delta n}$ juste au-dessous de la saturation.

Une telle aimantation du noyau torique par un courant de défaut alternatif, induit dans un enroulement secondaire prévu sur le noyau torique une tension Vs, dont l'allure 25 caractéristique est représentée sur la fig. 2. Plus grande est l'amplitude du courant de défaut alternatif, et d'autant plus loin la boucle d'hystérésis s'étend dans la zone de saturation, avec comme conséquence, que les plages non saturées de la courbe d'hystérésis sont parcourues d'autant plus vite. De ce fait, les 30 pointes de tension induites dans ces zones par le champ alternatif deviennent toujours plus intenses et en même temps plus étroites pour des courants de défauts croissants du côté primaire, de sorte que le contenu énergétique ne s'accroît relativement que lentement. La fig. 3 montre à cet effet deux 35 exemples de pointes de tension de hauteurs différentes et de durées différentes au cours d'une demi-onde, pour des courants de défauts de 300 mA et 3 A.

L'impédance du montage électronique du côté secondaire du transformateur de courant totalisateur est élevée, de sorte que

le noyau torique peut être maintenu petit avec un nombre de spires élevé de l'enroulement secondaire, en vue d'obtention d'une tension suffisante pour le montage électronique. Si alors la tension induite dans l'enroulement secondaire par un courant de défaut est appliquée, après redressement dans un pont redresseur en onde pleine, à un condensateur C à travers une résistance ohmique R, comme représenté sur la fig. 4 on obtient à la sortie d'un tel montage intégrateur un accroissement en gradins de la tension VC en fonction du temps t aux bornes de condensateur C, jusqu'à un niveau de la tension correspondant finalement à la valeur de crête de la tension secondaire. Cette croissance en gradins est exploitée par l'invention pour le montage de déclenchement, dont un exemple d'exécution préféré est représenté sur la fig. 5.

Dans la fig. 5 on a représenté par P et N le conducteur de phase et le conducteur neutre d'un réseau de distribution basse tension monophasé, qui sont conduits par l'intermédiaire des contacts 10 vers l'interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut non figuré en détail quant au montage mécanique, et qui comporte entre autres une serrure d'interrupteur 12, qui lors du déverrouillage ouvre les contacts 10 sous l'action d'un ressort de rappel (non figuré) et qui de ce fait coupe l'alimentation de l'appareil branché au réseau. L'interrupteur représenté est un interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut pour utilisation dans la distribution principale du réseau, à la suite duquel d'autres interrupteurs différentiels sélectifs à courant de défaut d'exécution courante sont montés dans les dérivations.

Pour le déverrouillage mécanique de la serrure d'interrupteur il est prévu un déclencheur (non figuré) qui en combinaison avec l'invention, est de préférence un déclencheur à maintien magnétique. Son enroulement d'excitation 14 est branché à l'enroulement secondaire 18 d'un transformateur de courant totalisateur 20 à travers un circuit électronique de déclencheur désigné globalement par 16, le noyau torique 22 simplement schématisé étant traversé du côté primaire par les conducteurs P et N, situés après les contacts d'interrupteur 10 en direction des appareils utilisateurs.

Le circuit électronique 16 fonctionne dans l'exemple

d'exécution représenté avec des polarités positives et possède à cet effet un circuit de pont redresseur 24 à quatre diodes branché à l'enroulement secondaire 18 du transformateur de courant totalisateur. Sur la borne de sortie positive du circuit 5 de pont redresseur 24 sont connectés à l'aide d'un conducteur isolé 28 une diode Zener ainsi qu'un condensateur de charge 34 à travers une résistance 32. Les seconds raccordements de la diode Zener 30 et du condensateur de charge 34 sont reliés à la masse tout comme la borne de sortie négative du circuit de pont 10 redresseur 24.

La résistance ohmique 32 et le condensateur de charge 34 forment un circuit RC 36, dont le fil de sortie 38 est relié à une borne 40 sur laquelle sont raccordés d'une part, l'enroulement d'excitation 14 et d'autre part un diviseur de 15 tension comprenant un potentiomètre 42 et une résistance fixe 44, dont l'autre borne est reliée à la masse.

A la borne de sortie de l'enroulement secondaire d'excitation 14 est raccordée une autre résistance ohmique 46, dont la sortie est reliée par un conducteur 48 à la vanne 20 électronique qui est désignée globalement par 50. La vanne électronique 50 consiste en un transistor PNP 52 et en un transistor NPN 54, dont les collecteurs et les bases sont reliés réciproquement par des conducteurs 56 et respectivement 58. Le conducteur 48 est connecté à l'émetteur du transistor 52. 25 L'émetteur du transistor 54 est relié à la masse.

La base du transistor PNP 52 est en outre reliée par l'intermédiaire du point de jonction 60 du conducteur de raccordement 56 et par le conducteur 62, à la broche "Drain" 30 d'un transistor à effet de champ 64 à "Gate" isolée (IG-FET), lequel consiste utilement en un élément IG-FET à canal N, en technologie V-MOS. La broche "Gate" de l'élément IG-FET 64 est raccordée à l'aide d'un conducteur 66 à la prise médiane du potentiomètre 42. La broche "Source" de l'élément IG-FET 64 est, de façon usuelle, mise à la masse.

35 Finalement, entre les conducteurs 48 et 62 sont prévus une résistance ohmique 68 pour la fixation de la tension émetteur/base du transistor PNP 52, et un condensateur 70 destiné à absorber les courants parasites.

Le montage représenté fonctionne comme suit :

Aussi longtemps qu'il ne circule aucun courant de défaut du côté de l'appareil utilisateur de l'interrupteur différentiel sélectif de courant de défaut, le flux circulant dans le noyau torique 22 du transformateur de courant totalisateur 20 est "nul", et dans l'enroulement secondaire 18 du transformateur de courant 20 aucune tension n'est induite.

Si alors un courant de défaut apparaît du côté de l'appareil utilisateur de l'interrupteur différentiel sélectif à 10 courant de défaut, qu'il s'agisse d'un courant de défaut alternatif ou d'un courant de défaut continu par impulsions, ou encore des deux ensemble, l'équilibre entre les deux courants circulant en sens inverse dans les conducteurs P et N est rompu.

Le flux de circulation apparaissant de ce fait dans le noyau torique 22 induit dans l'enroulement secondaire 18 une tension de la forme indiquée sur la fig. 2, tension qui est redressée par les diodes 26 du circuit de pont redresseur 24 et qui parvient par le conducteur 28 tout d'abord à la diode Zener 30, et ensuite à travers la résistance ohmique 32 au condensateur de charge 34. Cette tension est appliquée en outre par l'intermédiaire du conducteur 38 à l'enroulement d'excitation 14 du déclencheur, et d'autre part à travers la résistance ohmique 46 et par le conducteur 48 à l'émetteur du transistor PNP 52, qui est bloqué, de sorte que nul courant ne peut circuler dans 25 l'enroulement d'excitation 14.

La tension continue apparaissant sur le conducteur 28 contribue à former un courant de recharge à travers la résistance ohmique 32 en direction du condensateur de charge 34, ce dernier étant rechargé comme indiqué sur la fig. 4 en mode à 30 gradins. La tension engendrée de cette façon aux bornes du condensateur 34 est appliquée par l'intermédiaire du conducteur 38 également aux résistances 42, 44, et forme sur la prise médiane 66 du potentiomètre 42 un jeu de tensions proportionnelles pour la broche "Gate" de l'élément IG-FET 64, 35 entre lesquelles les broches "Drain" et "Source" sont portées également à la tension de charge du condensateur 34 à travers la résistance ohmique 68.

Dès que la tension sur la broche "Gate" de l'élément IG-FET 64 a atteint une valeur prédéterminée, celui-ci devient

conducteur et envoie tout d'abord un courant de commande à partir du conducteur 38 à travers l'enroulement d'excitation, la résistance ohmique 46, le conducteur 48, la résistance ohmique 68 et la voie "Drain-Source" de l'élément IG-FET 64, ce courant de commande créant par la chute de tension sur la résistance ohmique 68 la tension de commande nécessaire à la commutation, d'abord du transistor 52, puis par l'action de ce dernier, du transistor 54, d'où ouverture totale de la vanne électronique 50. De ce fait, le condensateur de charge 34 peut se décharger à travers l'enroulement d'excitation 14 et la résistance à très faible valeur ohmique 46, et libérer son énergie sur l'enroulement d'excitation 14 en vue de déverrouiller la serrure 14 et d'ouvrir les contacts de l'interrupteur 10.

Aussitôt que le condensateur de charge 14 s'est déchargé, la vanne électronique 50 se bloque d'elle-même, et le courant dans l'enroulement d'excitation 14 s'affaisse à travers une diode "roue-libre" 72 montée en parallèle.

Lors d'un accroissement de la valeur du courant de défaut du côté primaire du transformateur de courant totalisateur 20, les valeurs de crête des tensions secondaires du transformateur de courant totalisateur s'accroissent également, toutefois la recharge du condensateur 34 à travers la résistance ohmique 32 n'a pas lieu plus rapidement dans la même mesure, étant donné les pointes de tension toujours plus étroites. A partir d'une certaine hauteur des pointes de tension, la diode Zener 30 entre en action et ne laisse plus augmenter la tension de charge que dans une si faible mesure que la durée de recharge du condensateur 34 reste à partir de cet instant presque constante. Par un dimensionnement approprié de la diode Zener 30, ce point peut être déterminé en conformité avec par exemple la norme VDE 0664 pour un courant de défaut quintuplé de $I_{\Delta n}$.

La fig. 6 montre sur une courbe Temps/Courant l'allure de la temporisation t_a pour un courant de défaut alternatif croissant I_{Δ} par rapport au courant de défaut nominal $I_{\Delta n}$, en tant que résultat de mesures sur un interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut réalisé conformément à l'invention. Dans ces mesures, sont inscrites par t_a min et t_a max les limites de tolérances selon la norme allemande VDE 0664, ch. 25, tableau 4, qui sont consignées sur le tableau suivant :

	Courant de défaut alternatif <u>I_A</u>	Temporisation t _A en S
5	I _A n	0,15 ≤ t _A ≤ 0,5
	2I _A n	0,06 ≤ t _A ≤ 0,2
	5I _A n	0,04 ≤ t _A ≤ 0,15
	500 A	0,04 ≤ t _A ≤ 0,15

En outre, on a désigné par i la limite inférieure du courant de défaut alternatif, pour lequel l'interrupteur différentiel sélectif de courant de défaut peut déclencher selon le ch. 11.2 de la norme VDE 0664; cette limite est de $0,5 I_{A\text{ n}}$.

Comme le montre l'allure de la courbe de temporisation de déclenchement t_A élaborée d'après les mesures, il est possible de respecter aisément les valeurs limites dans toute la plage de

I_A .
 $I_{A\text{ n}}$

REVENDICATIONS

1. Interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut, avec transformateur de courant totalisateur et déclencheur dont la bobine d'excitation est branchée à l'enroulement secondaire du transformateur de courant totalisateur, par l'intermédiaire d'un circuit électronique de déclenchement comprenant un pont redresseur à la sortie duquel est branché à travers un dispositif temporisateur, un condensateur de charge accumulant l'énergie nécessaire pour actionner le déclencheur, une vanne électronique réglable pour la libération de cette énergie en direction de la bobine d'excitation du déclencheur, ainsi que des moyens de commande de la vanne électronique en fonction de la tension accumulée dans le condensateur de charge, caractérisé en ce que

- le noyau (22) du transformateur de courant totalisateur (20) consiste en un alliage de fer de haute perméabilité avec courbe d'hystérésis plate, conçu de telle sorte qu'en cas de courant de défaut nominal, il fonctionne juste au-dessous de la saturation,

- le dispositif de temporisation est une résistance ohmique (32) qui forme avec le condensateur de charge (34) un circuit RC (36) et

- les moyens de commande de la vanne électronique (50) consistent en un diviseur de tension ohmique (42, 44) et en un transistor MOS (64) branché par sa broche "Gate" à la prise (66) du diviseur de tension, et dont la broche "Source" est raccordée à la masse et la broche "Drain" à l'électrode de commande de la vanne électronique (50).

2. Interrupteur différentiel sélectif selon la revendication 1, caractérisé en ce que au moins une résistance (42) du diviseur de tension (42, 44) est prévue variable pour le réglage des tolérances du point de commutation du transistor MOS (64).

3. Interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la vanne électronique (50) est un thyristor.

4. Interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la vanne électronique (50) consiste en un transistor PNP (52) et un transistor NPN (54) montés en cascade avec leurs bases et collecteurs raccordés réciproquement, la broche "Drain" du transistor à effet de champ (64) étant reliée à la base du transistor PNP (52).

5. Interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le transistor MOS (64) est un élément IG-FET à canal N, en technologie V-MOS.

6. Interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le transistor à effet de champ (64) est un transistor à effet de champ à "Gate" isolée (IG-FET).

7. Interrupteur différentiel sélectif à courant de défaut selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que pour la limitation de la tension de sortie du circuit de pont redresseur (24), il est prévu une diode Zener (30) branchée 20 en parallèle sur le circuit RC (36).

2622369

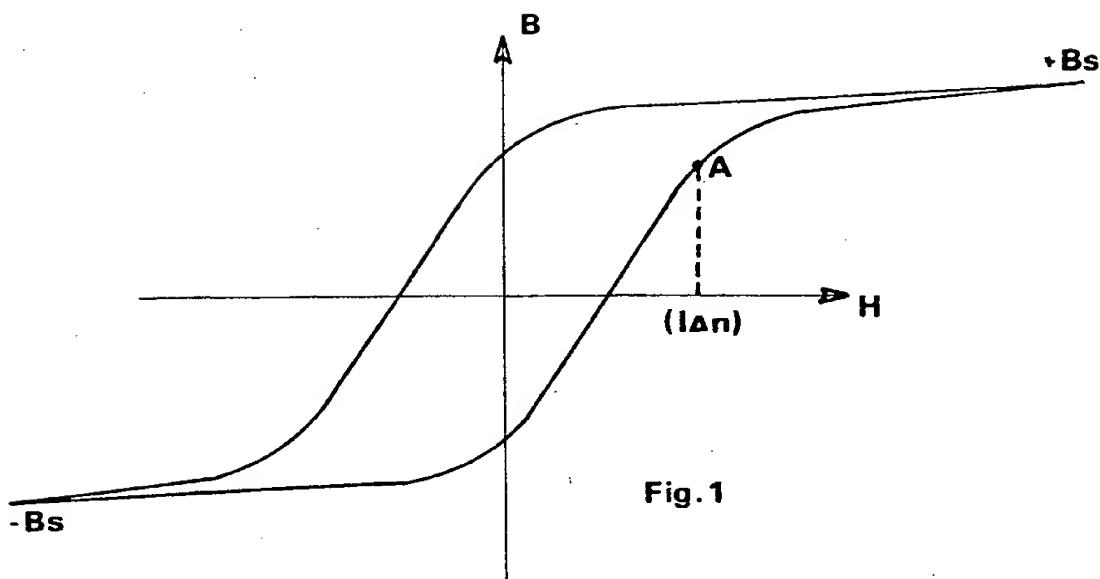


Fig.1

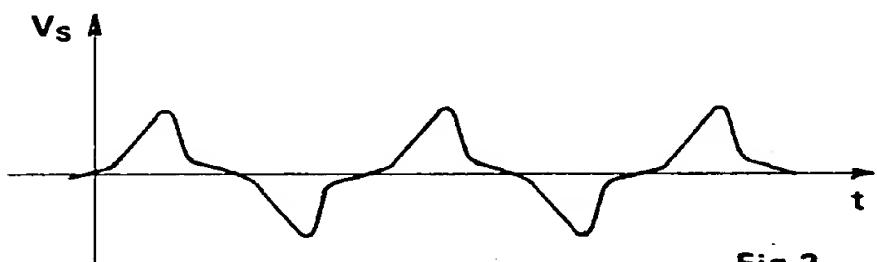


Fig.2

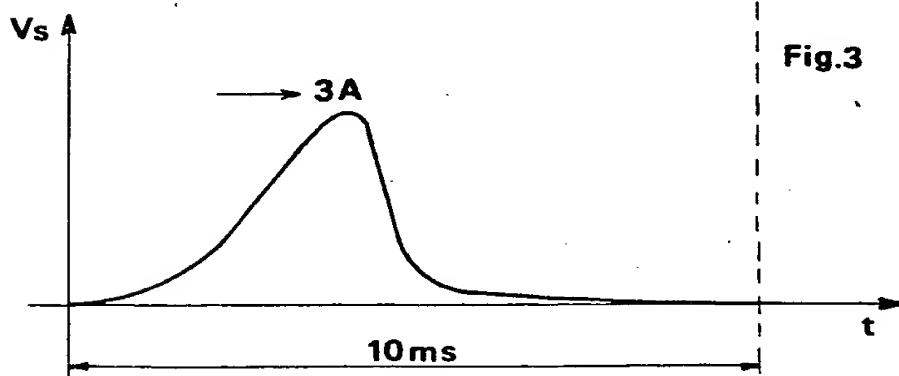
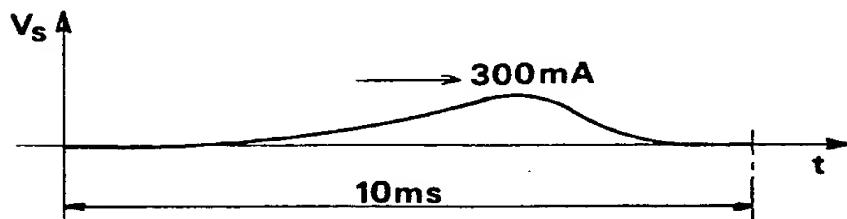


Fig.3

2622369

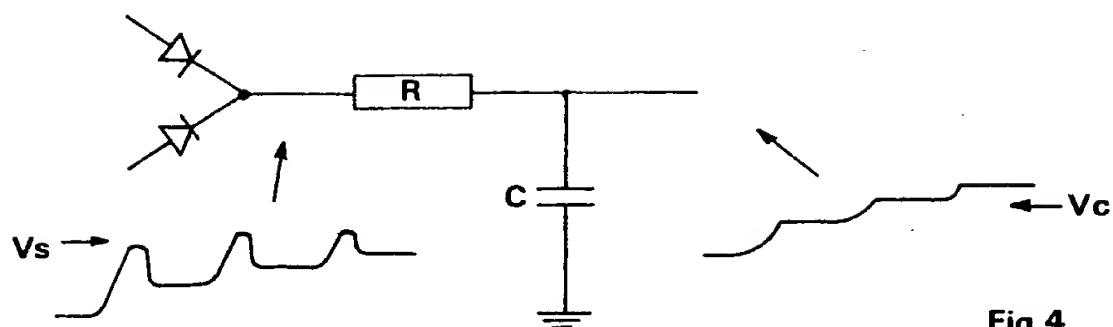


Fig.4

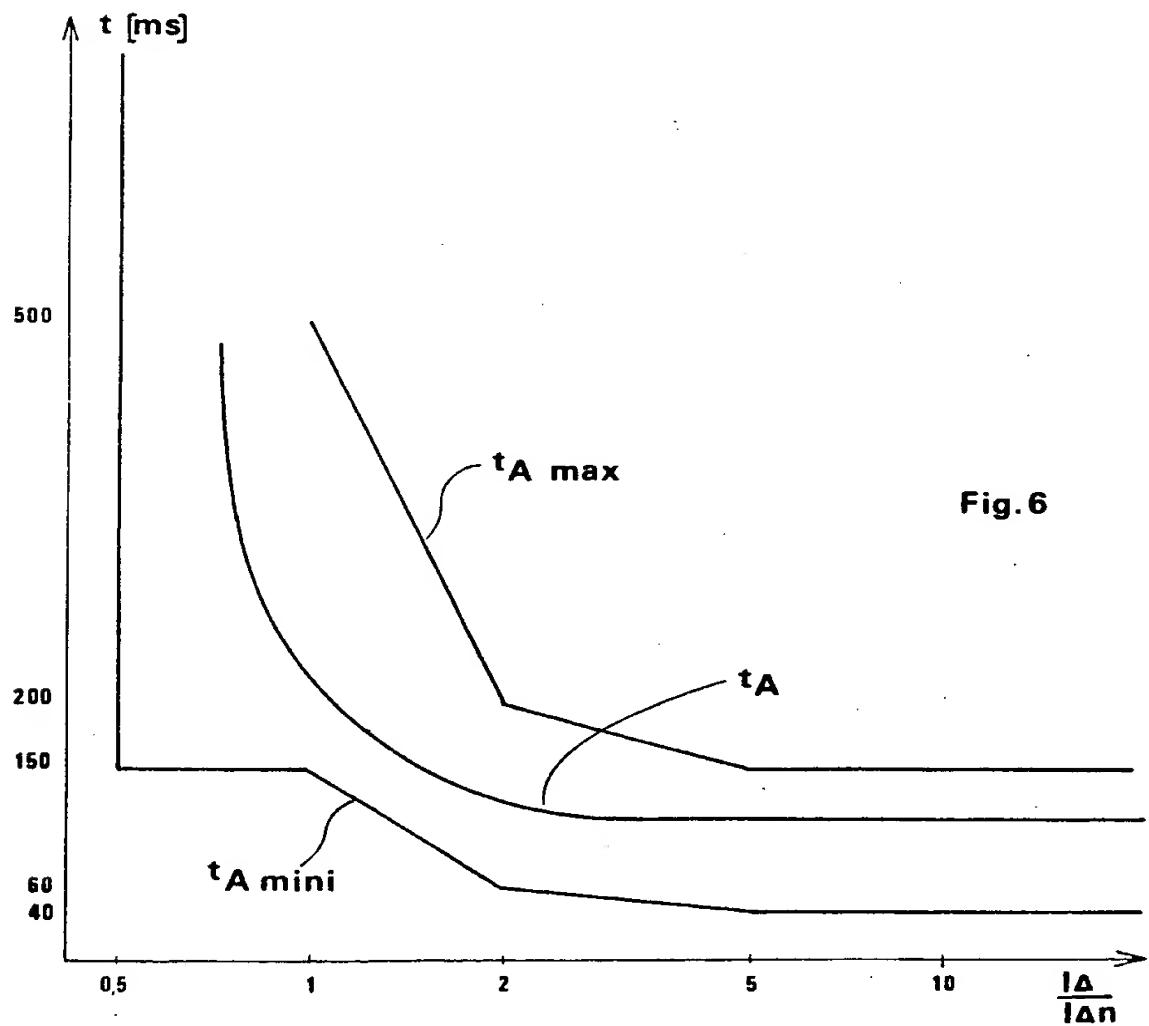


Fig.6

2622369

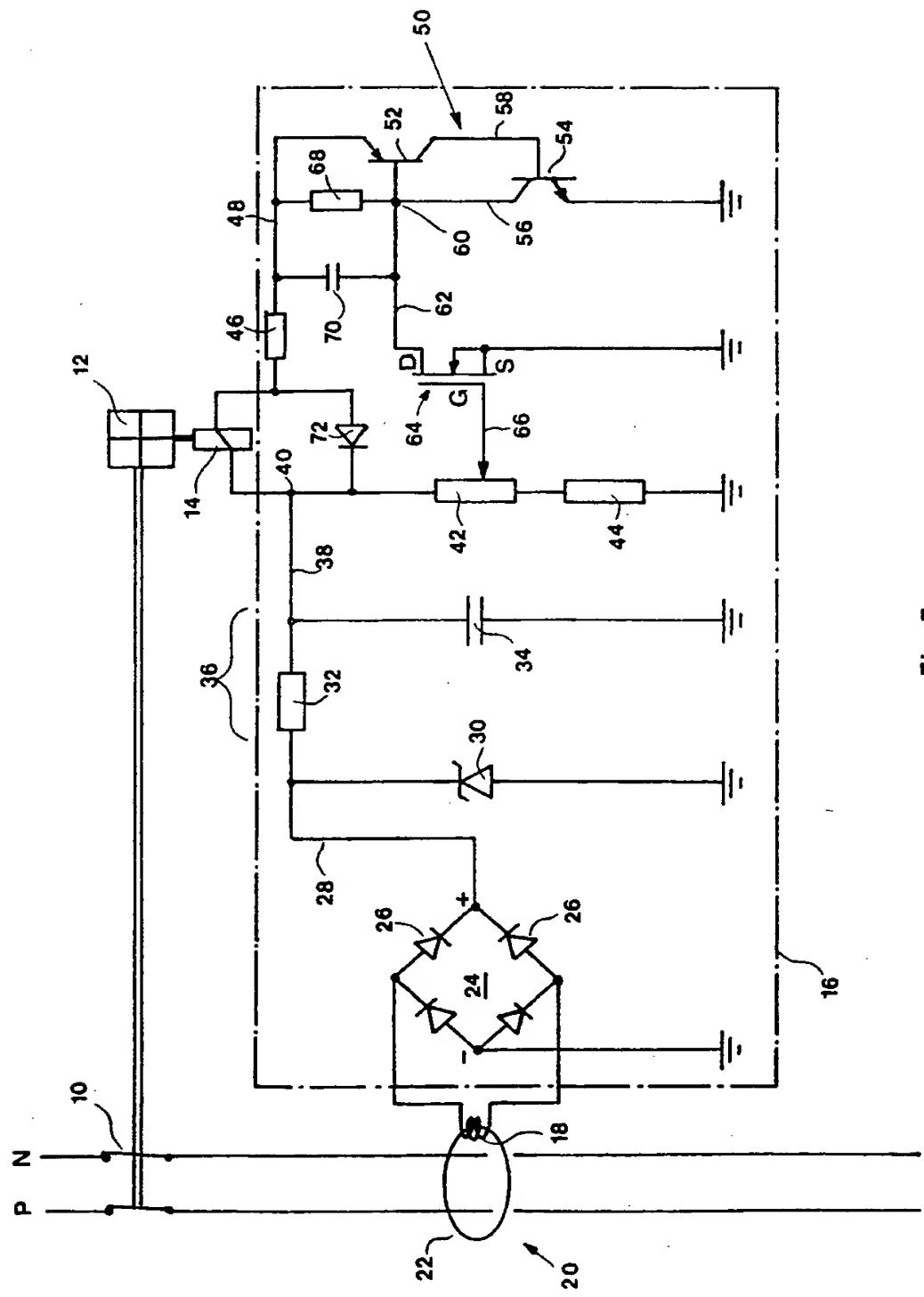


Fig. 5